

née, les matières protoplasmiques effectuent un mouvement de recul, et entraînent avec elles les matières chlorophylliennes. Ce retrait de la chlorophylle a sans doute pour effet d'amener un amoindrissement temporaire dans l'activité des feuilles. — Ne peut-on admettre, dès lors, que cette cause détermine en même temps une diminution des fonctions vitales de la plante entière, et ne doit-on pas lui rapporter l'amoindrissement de la respiration des racines pendant cette même époque ?

Quelle que soit la valeur de cette hypothèse, je ne m'y arrêterai pas plus longtemps.

Les résultats de ma dernière expérience semblent permettre de poser les conclusions suivantes :

1° Les racines dégagent constamment de l'acide carbonique.

2° Cette exhalation est plus faible la nuit que le jour.

3° Elle augmente au lever du soleil, diminue au milieu de la journée, augmente de nouveau le soir.

4° Toute proportion gardée, le dégagement est plus considérable dans l'une quelconque des périodes diurnes que pendant la nuit.

5° L'activité des racines est donc moindre la nuit que le jour, au moins en ce qui concerne leur respiration.

6° Si la racine absorbe de l'acide carbonique dans le sol, ce ne peut être que celui qui a servi à la dissolution des sels insolubles (carbonates, phosphates, etc.) nécessaires à la vie des plantes.

Je m'étais demandé précédemment si l'acide carbonique dégagé par les racines est un résidu de la végétation, ou s'il a pour effet immédiat de dissoudre les matières insolubles et de permettre leur transport dans les végétaux. J'aborderai ce sujet dans une prochaine communication, et j'essaierai de le résoudre expérimentalement.

M. Van Tieghem fait la communication suivante :

RECHERCHES SUR LA VIE RALENTIE ET SUR LA VIE LATENTE (deuxième note),
par **MM. Ph. VAN TIEGHEM et Gaston BONNIER** (1).

Dans une séance précédente (12 mars 1880), nous avons communiqué à la Société quelques-uns des résultats obtenus au cours de la série de recherches sur la vie latente et sur la vie ralentie des plantes, que nous poursuivons en commun au laboratoire de botanique du Muséum. Il s'agissait alors de l'influence nuisible des basses températures sur certaines graines et de l'action que les bulbes et tubercules exercent sur l'atmosphère qui les entoure : transpiration, respiration, asphyxie et phénomènes consécutifs.

(1) Voyez plus haut, page 83.

Aujourd'hui nous abordons une autre partie du sujet en étudiant l'action de l'eau sur les divers organes qui se trouvent à l'état de vie latente ou ralentie, et accessoirement aussi, car on sent bien que ces choses se relient par mille transitions, sur ceux qui jouissent actuellement de la vie manifestée.

Action de l'eau sur les organes à l'état de vie latente ou ralentie.

Si l'on plonge dans l'eau un organe à l'état de vie latente, pourvu d'une ample provision de matériaux nutritifs, une graine par exemple, il se passe aussitôt deux phénomènes inverses. La graine absorbe de l'eau, qui pénètre dans sa masse avec ou sans les matières dissoutes, suivant la nature de ces matières et celle de la graine. La graine dégage en même temps dans l'eau qui l'entoure une certaine quantité des substances solubles qui se trouvent en réserve dans ses cellules. Il y a endosmose et exosmose à la fois.

On peut isoler ces deux phénomènes. Si l'on immerge les graines dans une quantité d'eau égale ou inférieure à celle qu'elles peuvent absorber, l'exosmose n'a pas lieu ou du moins n'est que temporaire, car les substances solubles exosmosées au cours de l'absorption sont en définitive ramenées dans la graine avec les dernières gouttes du liquide absorbé. L'exosmose est même tout à fait supprimée si les graines sont placées simplement dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau; l'absorption se produit seule alors, mais avec beaucoup plus de lenteur que par immersion. D'autre part, une fois que les graines, immergées dans une grande quantité de liquide, ont absorbé toute l'eau qu'elles peuvent prendre et qu'elles se trouvent ainsi saturées, si en même temps on les empêche de germer, l'exosmose agit seule désormais, et il est facile d'en prolonger la durée et d'en accumuler les effets.

Examinons maintenant tour à tour ces deux faces de la question.

Endosmose. — Tout le monde sait qu'une graine immergée absorbe l'eau en augmentant à la fois de volume et de poids. Quand la saturation est atteinte, le poids d'eau absorbée, rapporté à 100 de graine prise à l'état de dessiccation ordinaire, est ce qu'on peut appeler le *pouvoir absorbant* de la graine. Ce pouvoir absorbant varie suivant la nature de la graine; il est indépendant de la température; il n'est pas le même dans une graine vivante et dans une graine morte. Voici, pour quelques graines vivantes immergées à la température ordinaire, la valeur du pouvoir absorbant : Lupin, 125; Fève, 118; Haricot, 110; Blé, 47; Maïs, 38; Canna, 8 (1

(1) Dans ces déterminations, pour atténuer autant que possible l'erreur provenant la perte simultanée de matière due à l'exosmose, on a, conformément à la remarque faite plus haut, immergé les graines et les embryons dans une quantité d'eau peu supérieure à celle qu'un essai préalable avait montré qu'elles peuvent absorber. L'immersion a toujours été prolongée jusqu'à saturation complète, et pour empêcher à la fois la germination et le développement des organismes étrangers, notamment du *Bacillus Amylobacter*, on a chloroformé l'eau.

Chacune des parties constitutives de la graine, le tégument, l'embryon, l'albumen quand il existe, a d'ailleurs son pouvoir absorbant spécial. Ainsi pour la Fève, par exemple, le pouvoir absorbant de la graine entière étant 118, celui du tégument est 155 et celui de l'embryon 111. Si l'on remarque que, dans la Fève, 100 de graine renferment sensiblement 85 d'embryon pour 15 de tégument, on voit que le pouvoir absorbant de la graine entière, mesuré directement, est précisément tel qu'on peut le calculer à l'aide des pouvoirs absorbants de l'embryon et du tégument. Ce calcul donne en effet 117,06, au lieu de 118.

Pour germer, ni la graine entière ni l'embryon isolé n'ont besoin d'être saturés; il leur suffit d'une proportion d'eau beaucoup moindre. Pour déterminer la quantité minimum d'eau nécessaire et suffisante à la germination, on expose dans une atmosphère humide un poids connu de graines ou d'embryons isolés pris à l'état de dessiccation ordinaire; on pèse de nouveau, quand la radicule a percé le tégument dans le premier cas, ou a commencé de s'allonger dans le second. Le poids d'eau absorbée étant rapporté à 100 de graine ou d'embryon, on obtient pour le minimum d'absorption germinative, dans la Fève par exemple : graine entière, 74; embryon isolé, 92. Le pouvoir absorbant étant pour la graine entière 118, et pour l'embryon isolé 111, on voit que l'écart est grand dans les deux cas, mais qu'il est beaucoup plus considérable pour la graine entière, où le minimum germinatif n'est que 62 pour 100 du pouvoir absorbant, que pour l'embryon, où le minimum germinatif atteint 82 pour 100 du pouvoir absorbant.

Que la graine soit immergée ou seulement exposée à l'air humide, l'absorption a lieu, tout au moins chez les Légumineuses, par la totalité de la surface du tégument. Il est facile de s'en assurer, dans le premier cas par une série d'immersions partielles, dans le second par une série de surfaces réservées à l'aide de la paraffine ou du collodion. Ce résultat est conforme aux expériences anciennes de Bœhmer et de de Candolle (1). A surface égale, le hile absorbe, contrairement à l'opinion de de Candolle, comme le reste du tégument. Cette similitude de propriétés n'a pas lieu d'étonner, si l'on remarque que dans les Légumineuses l'épiderme du tégument, si remarquable et si bien connu, se prolonge avec tous ses caractères à travers le funicule par une double assise, dont l'une reste ordinairement adhérente au funicule, pendant que l'autre est emportée par la graine dont elle revêt et protège le hile.

Immergé ou exposé à l'air humide, l'embryon isolé absorbe aussi l'eau par la totalité de sa surface externe, et non pas seulement par sa radicule,

(1) De Candolle, *Physiologie végétale*, II, p. 656, 1832.

comme l'admettait de Candolle (1). On le démontre encore, soit par la méthode des immersions partielles, soit par la méthode des surfaces réservées.

La graine entière et l'embryon dénudé, aussi bien par immersion que par exposition à l'air humide, absorbent dans les premiers temps des quantités d'eau très inégales; la différence donne la mesure de la résistance que le tégument oppose tout d'abord à l'absorption. Ainsi, dans la Fève immergée, on a pour l'absorption pendant les premières vingt-quatre heures, rapportée à 100 de matière sèche : graine entière, 88; embryon, 97. Le tégument a réduit l'absorption d'environ $1/9^e$. Avec la même plante exposée dans une atmosphère humide, on obtient, toujours après vingt-quatre heures : graine entière, 8; embryon, 16. L'influence du tégument est beaucoup plus énergique, puisqu'elle se traduit par une réduction de moitié.

Les substances dissoutes dans l'eau paraissent pénétrer toutes indifféremment avec l'eau dans le tégument, mais certaines d'entre elles seulement entrent dans l'embryon, pendant que d'autres n'y sont pas admises, tant qu'il est vivant. Ainsi dans le Haricot, le Pois, la Fève, la fuchsine traverse le tégument et pénètre dans l'embryon par toute sa surface. Le glucose, au contraire, passe bien dans le tégument, mais n'entre pas dans l'embryon; celui-ci une fois bien lavé, les coupes qu'on y pratique ne réduisent pas le tartrate cupro-potassique. Il en est de même si l'embryon dénudé de ces plantes est directement immergé dans une solution de glucose. Mais, que cet embryon ait été tué au préalable par un moyen quelconque, aussitôt il absorbe le glucose tout aussi bien que la fuchsine.

Exosmose. — Considérons d'abord et surtout les graines. Aussitôt immergées, elles laissent échapper dans l'eau qui les baigne une certaine quantité des matières solubles qu'elles tiennent en réserve, et qui vont s'accumuler dans le liquide. Si l'on renouvelle l'eau, l'exosmose se poursuit jusqu'à épuisement total (2). Quelques mots sur la quantité et la qualité des substances ainsi rejetées.

Pour apprécier la quantité de matière exosmosée après un certain temps d'immersion, on détermine, soit le gain du liquide, soit la perte de la graine : deux méthodes qui se contrôlent. En évaporant le liquide, on

(1) *Loc. cit.*, p. 657.

(2) L'eau qui baigne des graines entières devient ainsi en peu de temps une véritable infusion très propre au développement des organismes inférieurs. Le *Leuconostoc mesenteroides*, par exemple, s'est développé souvent dans les liquides de ce genre obtenus avec des Fèves, des Châtaignes, etc. Comme en même temps les graines absorbent l'oxygène dissous, le *Bacillus Amylobacter pullula* bientôt dans ces infusions en provoquant la fermentation butyrique des produits exosmosés. Puis, s'attaquant à la graine elle-même, si le tégument le lui permet, il s'y introduit en détruisant progressivement toutes les membranes cellulaires. En se servant d'eau suffisamment chloroformée, on évite à la fois le développement des Bactéries et la germination des graines.

obtient et l'on pèse directement le résidu. Ainsi, par exemple, 100 grammes de graines, immergées dans 200 grammes d'eau, ont abandonné, après quarante-huit heures : Pois, 6^{gr},5 ; Haricot, 3^{gr},2 ; Blé, 1 gram. En pesant de nouveau les graines immergées depuis plus ou moins longtemps, après les avoir ramenées d'abord à leur état de dessiccation initial, on détermine ce qu'elles ont perdu de matière solide. Cette méthode permet d'opérer par un lavage continu dans un courant d'eau. Par exemple, à la suite d'une immersion de six jours dans une grande quantité d'eau renouvelée chaque jour, 100 grammes de graines, desséchées d'abord à 35 degrés et ramenées ensuite à ce même état de siccité, ont perdu : Blé, 9 gram. ; Haricot, 9 gram. ; Fève, 10 gram. ; Pois, 13 gram.

Les embryons dénudés, immergés directement, donnent plus vite des résidus plus abondants. Ainsi, 100 grammes d'embryons, après une immersion de plusieurs jours, ont donné un résidu pesant : Fève, 12 gram. ; Châtaignier, 22 gram. Les embryons de Lupin ont ainsi, avec le temps, abandonné à l'eau plus du tiers de leur matière sèche.

Le résidu ainsi obtenu, même évaporé à 35 degrés, a une couleur brune souvent très intense, surtout chez les Légumineuses. Il renferme ordinairement des sucres de différente nature, et ce sera le seul point que nous y étudierons aujourd'hui, nous réservant de revenir plus tard sur les autres substances exosmosées. Dans le Blé, le Maïs, le Haricot, la Fève, le Pois, la Lentille, le Lupin, etc., le produit de l'exosmose ne renferme pas de glucose, mais bien du sucre de Canne en quantité plus ou moins considérable. En effet, il ne réduit pas directement la liqueur de cuivre ; mais il la réduit énergiquement après l'ébullition avec les acides étendus, ou après l'action de la levûre de bière en présence du chloroforme. Il fermente alcooliquement par la levûre de bière. Dans le Châtaignier, au contraire, le Chêne, le Noyer, le Coudrier, l'Amandier, le Pistachier, le Sarrasin, et aussi dans certaines Légumineuses (*Soja hispida*, *Lathyrus sativus*, *Cicer arietinum*, etc.), le résidu d'exosmose renferme une proportion plus ou moins grande de glucose ; il réduit directement la liqueur de cuivre et fermente alcooliquement par la levûre de bière. La présence du glucose nous a paru liée à la perte de la faculté germinative des graines.

Dans tous les cas, en détruisant par la fermentation avec la levûre de bière à la fois le sucre de Canne et le glucose, on détermine la proportion des sucres fermentescibles dans le produit total. Cette proportion est assez considérable ; elle atteint dans le Haricot 33 pour 100, dans le Châtaignier 36 pour 100, dans le Pois près de 50 pour 100.

Les faits qui précèdent conduisent déjà à quelques conséquences intéressantes. On voit qu'en faisant tremper les graines pendant vingt-quatre heures avant de les semer, ainsi qu'on le pratique fréquemment, on diminue déjà d'une façon sensible leur réserve nutritive, et cet appauvrissement,

qui porte notamment sur les matières sucrées, va croissant avec la durée de l'immersion. Dans quelle mesure ces pertes influent-elles sur le développement ultérieur de la plante, et si l'immersion est suffisamment prolongée, sur la faculté germinative elle-même? A quel degré de perte correspond, dans chaque cas particulier, l'anéantissement de la vie latente dans l'embryon? C'est ce que nous apprendront des recherches en cours d'exécution et dont nous communiquerons plus tard les résultats à la Société.

On comprend aussi par là l'influence nuisible des arrosages trop fréquents et des pluies trop abondantes après les semis et dans les premiers temps de la germination. Si l'eau ne séjourne pas sur les graines, il y a seulement perte de quelques substances entraînées au loin; c'est déjà un dommage. Si l'eau séjourne, au contraire, il se fait dans le sol, tout autour des graines, une véritable infusion nutritive où pullulent bientôt les Moisissures et les Bactéries, notamment le *Bacillus Amylobacter*, qui n'a pas besoin d'air pour vivre; alors les graines pourrissent, comme on dit.

— Quand les navires chargés de Blé reçoivent des coups de mer pendant la traversée, l'eau mouille quelquefois la cargaison, et l'exosmose que nous venons de signaler se produisant aussitôt, le grain subit déjà par ce seul fait une perte de poids notable que le commerce a intérêt à connaître. On a vu en effet plus haut que du Blé immergé dans l'eau dans des conditions où aucune fermentation ne pouvait se produire, a perdu, après quelques jours, jusqu'à 7 pour 100 de son poids sec. Mais, en outre, dans les circonstances naturelles, après quelques jours d'immersion, toute trace d'oxygène ayant disparu du liquide, le *Bacillus Amylobacter* s'y développe en provoquant la fermentation butyrique, d'abord dans les substances exosmosées, plus tard dans la graine elle-même, et notamment dans la cellulose de ses membranes cellulaires. Il y a, du fait de cette fermentation butyrique, une nouvelle perte de poids qui s'ajoute à la première, mais qu'il ne faut pas confondre avec elle.

M. U. Gayon a étudié tout récemment cette question à la demande du commerce de Bordeaux (1). Il a déterminé les pertes de poids subies par le Blé après un temps plus ou moins long d'immersion dans l'eau de mer, d'abord à 15, puis à 40 degrés. Cherchant ensuite à expliquer ces pertes, il les attribue tout entières à la moisissure et à la putréfaction. Il lui a échappé qu'il y a, dès le premier instant de l'immersion, bien avant tout développement d'organismes étrangers, une perte notable de substance par le seul fait de l'exosmose, et que cette première perte, qui transforme le liquide en une solution nutritive, devient l'origine même de la

(1) U. Gayon, *Sur les variations de poids des Blés avariés* (Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 2^e série, t. III, 3^e cahier).

seconde, c'est-à-dire de la moisissure et de la fermentation butyrique. Dans l'eau chloroformée, où cette seconde cause ne peut agir, le Blé immergé n'en va pas moins perdant chaque jour de son poids.

Si maintenant des graines nous passons aux réservoirs nutritifs à vie ralentie, nous y constatons avec une intensité toujours moindre, mais variable d'une plante à l'autre, les mêmes phénomènes d'exosmose. On le vérifie aisément avec les tubercules de Pomme de terre, de Topinambour, de Dahlia, avec les bulbes d'Ail, de Tulipe, etc. Les jeunes pousses de l'Asperge, les grosses racines du Radis sont dans le même cas, et ceci nous amène aux organes qui jouissent de la vie manifestée.

Si l'on immerge dans l'eau distillée des plantules d'Érable ou de Tilleul, de Pois ou de Lentille, de Blé ou d'Orge, et qu'on évapore après quarante-huit heures, par exemple, avant que l'eau ne soit encore troublée par aucun organisme étranger, on obtient un résidu notable de produits exosmosés. Si l'on cherche ensuite à faire la part respective des diverses parties de la plante dans le phénomène total, en immergeant tour à tour et séparément la racine, la tige au-dessus ou au-dessous des cotylédons, et les cotylédons eux-mêmes, on voit que l'exosmose est très faible sur la racine, où elle existe cependant; elle paraît un peu plus forte sur la tige et les jeunes feuilles, mais c'est par les cotylédons que s'échappe la majeure partie des substances solubles.

Enfin, de la plantule passant à la plante adulte, si l'on immerge des feuilles ou des fleurs intactes des plantes les plus diverses, on obtient toujours, après vingt-quatre ou quarante-huit heures, un résidu qui, pour être très faible, n'en atteste pas moins que l'exosmose se produit dans tous ces organes.

Le problème de l'exosmose végétale, dont la question dite autrefois des *excrétions de racines* n'est qu'un cas particulier, reçoit donc d'une façon générale une solution positive. Seulement, suivant l'âge de la plante et la région de son corps, elle s'opère dans des proportions très inégales. C'est dans la graine, c'est-à-dire dans l'embryon, qu'elle atteint son maximum. C'est dans la racine que, pour des raisons de structure qui nous sont encore inconnues, elle se réduit à son minimum. Et c'est sans doute le rôle principal de la coiffe, si développée dans les plantes aquatiques, d'empêcher l'exosmose de se produire dans les jeunes cellules du sommet, jusqu'à ce que ces cellules aient pu acquérir leurs caractères anatomiques définitifs.

M. Duchartre demande si MM. Bonnier et Van Tieghem ont porté leurs observations sur des plantes semées dans la terre; il croit que les conditions ne sont pas identiques pour les plantes qui sont placées à l'air et celles qui sont dans l'eau.

M. Van Tieghem répond qu'en effet l'action endosmotique ne s'exerce probablement que par une partie de la surface d'une graine placée dans le sol incomplètement imbibé d'eau ; d'ailleurs l'observation a été faite notamment sur les graines de quelques plantes aquatiques, et la même déperdition par exosmose a été observée chez elles.

M. Duchartre rappelle les anciennes observations de Tideman et de Th. de Saussure, qui ont observé dans les phénomènes physiologiques de la germination des variations très grandes et bien des faits inexplicables.

M. Cornu ajoute que, même bien avant la germination, le protoplasma des cellules de l'albumen ou de l'embryon subit des modifications profondes et très rapides.

M. Roze met sous les yeux de la Société un assez grand nombre de spécimens d'un Champignon comestible, vendu et consommé à Poitiers tous les ans, pendant le mois d'avril, sous le nom de *Mousseron des haies*, qui lui ont été adressés par M. Georges Poirault. Il dit qu'il résulte de l'étude qu'il a faite de ce Champignon, concurremment avec M. Poirault, que la diagnose de l'*Entoloma clypeatum* [*Agaricus clypeatus* Lin. (in *Fries*)] paraît assez bien en résumer les caractères, mais que les descriptions plus détaillées qu'en ont données d'autres auteurs (Cordier et MM. Quélet et Gillet), qui qualifient tous trois cette même espèce de vénéneuse, les ont conduits à supposer que le *Mousseron des haies* de Poitiers, parfaitement comestible, en égard aussi à quelques autres différences, moins importantes mais typiques, qui ressortent de sa comparaison avec l'espèce de Fries, ne pouvait se rapporter à l'*Entoloma clypeatum*. M. Roze ajoute qu'en conséquence M. Poirault et lui croient pouvoir considérer ce Champignon comme constituant une espèce nouvelle, dont ils se proposent de donner ultérieurement la diagnose et qui porterait le nom d'*Entoloma sepium*.

M. Cornu ajoute à ces observations que plusieurs descriptions données par Fries des Agaricinées comestibles signalés dans certaines régions de la France ne sont pas suffisantes pour assurer l'exactitude des déterminations, en raison sans doute des grandes difficultés que présente l'étude de ces plantes, lorsqu'on ne possède pas les échantillons frais.